VALORIZAÇÃO ALIMENTÍCIA DA CASCA DE *Coffea spp.*: PROCESSAMENTO, BIOATIVOS, SEGURANÇA E APLICAÇÕES

Gabriela Luiza Pacheco da Silva[1]; Brenda Pereira da Silva[2]; Maria Clara Clara Nogueira da Silva Paiva[2];

[1]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA), Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil, gabrielaluiza.silva02@gmail.com
[2]Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitario, S/N - Guararema, Alegre - ES, 29500-000, Brazil
brenda.silvacta@gmail.com
mariaclaranogueira149@gmail.com

Resumo

A cadeia cafeeira gera frações externas do fruto ainda destinadas a usos de menor valor agregado, embora apresentem fibras, cafeína e compostos fenólicos de interesse alimentar. Esta revisão crítica analisou o potencial de valorização da *cascara* de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, integrando operações unitárias, segurança, regulamentação e evidências de bioatividade. Foram consultados artigos científicos e documentos da Anvisa, FAO, Codex Alimentarius, EFSA e União Europeia. Secagem, moagem, extração, concentração, secagem por atomização e microencapsulação permitem obter ingredientes com propriedades distintas. As evidências sustentam aplicações potenciais como material pulverizado, infusão, pó solúvel, antioxidante tecnológico e ingrediente encapsulado. Perspectivas relacionadas ao exercício, envelhecimento e metabolismo glicídico apresentam níveis distintos de evidência e não permitem extrapolações terapêuticas. Conclui-se que a valorização depende da integração entre identidade da matéria-prima, processamento, segurança, evidência científica e enquadramento regulatório.

Palavras-chave:*Coffea arabica*. *Coffea canephora*. Cascara. Operações unitárias. Segurança dos alimentos.

Introdução

O café constitui uma das principais cadeias agroalimentares mundiais e apresenta elevada importância econômica para países produtores. Paralelamente à obtenção dos grãos, seu processamento gera diferentes frações vegetais, incluindo pele, polpa, mucilagem e pergaminho. Dependendo da via de processamento, esses materiais originam correntes de composição distinta, razão pela qual termos como *coffee pulp*, *coffee husk* e *cascara* não devem ser considerados equivalentes. Essa heterogeneidade constitui uma limitação importante na comparação dos estudos disponíveis (Heeger et al., 2017; Cangussu et al., 2021).

Essas frações são tradicionalmente direcionadas à compostagem, uso agronômico, alimentação animal, produção energética ou descarte, mas seu conteúdo de fibras, cafeína e compostos fenólicos tem ampliado o interesse por aplicações de maior valor agregado. A transição de “resíduo” para matéria-prima alimentícia, contudo, exige mais que a identificação de compostos bioativos: segurança, rastreabilidade, processamento e adequação regulatória devem ser considerados desde a origem (FAO, 2024; Tsigkou et al., 2025).

Nesse contexto, esta revisão teve como objetivo analisar criticamente o potencial de valorização alimentícia das frações externas dos frutos de *C. arabica* e *C. canephora*, relacionando operações unitárias, segurança, regulamentação e nível de evidência das aplicações propostas, com ênfase em ingredientes pulverizados, infusões, pós solúveis, sistemas encapsulados e perspectivas relacionadas ao exercício, envelhecimento saudável e metabolismo glicídico.

Metodologia

Foi realizada revisão narrativa crítica com busca estruturada em PubMed/MEDLINE, ScienceDirect, SciELO e AGRIS/FAO, complementada por documentos oficiais da Anvisa, FAO, Codex Alimentarius, EFSA e União Europeia. Foram priorizadas publicações entre 2017 e agosto de 2026 relacionadas a *C. arabica*, *C. canephora*, *cascara*, processamento de alimentos, operações unitárias, cafeína, compostos fenólicos, segurança, exercício, envelhecimento, metabolismo glicídico e novos alimentos.

A análise foi conduzida em cinco dimensões: identidade da matéria-prima, processamento, segurança, nível de evidência e enquadramento regulatório. Ensaios químicos, modelos *in vitro*, aplicações tecnológicas e estudos em humanos foram interpretados separadamente, evitando atribuir equivalência a diferentes níveis de evidência.

Resultados

A identidade da matéria-prima mostrou-se determinante para sua aplicação. Cangussu et al. (2021) observaram que frações de *C. arabica* constituídas principalmente por pele e polpa apresentaram características mais favoráveis ao aproveitamento alimentar que materiais predominantemente constituídos por pergaminho, além de fibras, cafeína, trigonelina e compostos fenólicos. Assim, resultados atribuídos genericamente à “casca de café” não podem ser extrapolados para qualquer fração do fruto.

Essa distinção possui também implicação regulatória. A União Europeia autorizou especificamente a polpa seca não torrada da cereja de *C. arabica* e/ou *C. canephora* e sua infusão, estabelecendo especificações relacionadas a atividade de água, microbiologia, ocratoxina A, aflatoxinas, metais e resíduos de pesticidas (European Union, 2022).

Do ponto de vista tecnológico, quatro rotas principais foram identificadas. A secagem seguida de moagem possibilita a obtenção de ingrediente pulverizado com maior preservação da matriz fibrosa. Eckhardt et al. (2022) relataram aplicações da *cascara* em substituição parcial de farinha, embora a cafeína permaneça como fator de atenção.

Na extração sólido-líquido, a água permite recuperar compostos hidrossolúveis e aproxima o processo da preparação de infusões. Heeger et al. (2017) encontraram variação expressiva entre amostras e teor de cafeína de 226 mg L^{-1} em uma bebida de *cascara*, evidenciando a necessidade de padronizar relação sólido-líquido, temperatura e tempo de extração.

Etapas adicionais de separação, concentração e secagem permitem produzir ingredientes solúveis. López-Parra et al. (2024) compararam liofilização e secagem por atomização na obtenção de *instant cascara* e verificaram manutenção da capacidade antioxidante nas condições avaliadas, com potencial de escalonamento do *spray drying*.

A microencapsulação constitui outra estratégia. Silva et al. (2024) obtiveram micropartículas de polifenóis de casca orgânica por *spray drying*, com alta solubilidade, eficiência de encapsulação de até 89,1% e bioacessibilidade *in vitro* superior a 70%. Em aplicação alimentar direta, Marques et al. (2022) demonstraram que extrato de casca orgânica de *C. arabica* reduziu a oxidação lipídica em hambúrguer de frango, evidenciando potencial antioxidante tecnológico, sem que esse resultado represente necessariamente benefício fisiológico humano

Tabela 1 – Síntese tecnológica das principais rotas de valorização da cascara.

Rota	Operações principais	Característica preservada/obtida	Principal limitação
Ingrediente pulverizado	Secagem → moagem → peneiramento	Fibra e matriz integral	Cafeína, contaminantes, granulometria e aceitação
Infusão	Secagem → moagem opcional → extração em água → filtração	Compostos hidrossolúveis	Grande dependência das condições de extração
Pó solúvel	Extração → filtração → concentração → secagem	Ingrediente dispersível/instantâneo	Energia, rendimento e estabilidade
Extrato encapsulado	Extração → concentração → adição de carreador → *spray drying*	Proteção e padronização de bioativos	Maior complexidade tecnológica e regulatória
Antioxidante tecnológico	Extração → padronização → incorporação	Retardo de oxidação da matriz	Necessidade de autorização conforme finalidade de uso

Fonte: elaborado pelos autores com base em Heeger et al. (2017), Cangussu et al. (2021), Marques et al. (2022), Eckhardt et al. (2022), Silva et al. (2024) e López-Parra et al. (2024).

Discussão

A principal questão identificada é que a valorização alimentícia deve começar antes de a *cascara* ser tratada como resíduo. Material colhido, transportado, seco e armazenado sem finalidade alimentícia pode ter sido submetido a condições incompatíveis com consumo humano. Assim, uma cadeia destinada a alimentos deveria ser concebida segundo um princípio de *food-grade by design*, incorporando seleção, rastreabilidade, higiene, secagem controlada e armazenamento adequado desde a origem, em consonância com as preocupações da FAO sobre segurança em sistemas de economia circular (FAO, 2024).

As operações unitárias também não representam simples etapas posteriores à obtenção de uma matéria-prima de composição fixa. Cada processo seleciona ou modifica o ingrediente final. A moagem preserva componentes insolúveis e fibras; a extração seleciona compostos hidrossolúveis e cafeína; a concentração aumenta sólidos por unidade de massa; e a encapsulação modifica estabilidade e liberação. Essa distinção é relevante para a RDC nº 839/2023, que considera fonte e processo de produção na avaliação de novos alimentos e ingredientes.

Consequentemente, não existe uma única forma de *cascara* adequada a todas as aplicações. Ingredientes integrais podem ser mais coerentes com formulações ricas em fibras; infusões e pós solúveis com bebidas; e extratos padronizados ou encapsulados com aplicações nas quais concentração, estabilidade ou controle de bioativos sejam determinantes. O processo deveria, portanto, ser escolhido em função da finalidade de uso.

A produção orgânica representa atributo relevante de manejo e rastreabilidade, mas não equivale, isoladamente, à segurança sanitária. A legislação brasileira de produção orgânica não substitui controles de micotoxinas, contaminantes, atividade de água ou microbiologia. No Brasil, esses aspectos são disciplinados, entre outros instrumentos, pela RDC nº 722/2022 e IN nº 160/2022 para contaminantes e pela RDC nº 724/2022 e IN nº 161/2022 para padrões microbiológicos. Internacionalmente, o Codex Alimentarius estabelece referências complementares para contaminantes e higiene dos alimentos. Portanto, resultados de fenólicos totais, DPPH, ABTS ou FRAP isoladamente são insuficientes para justificar um novo ingrediente.

A aplicação na forma de infusão também apresenta lacuna regulatória. A RDC nº 716/2022 e a IN nº 159/2022 estabelecem requisitos e listas de espécies e partes vegetais aplicáveis aos chás. A autorização europeia da polpa seca de *C. arabica* e *C. canephora* não implica autorização automática no Brasil, devendo ser considerados espécie, tecido vegetal, processamento e finalidade de uso.

No contexto do exercício, a cafeína representa simultaneamente oportunidade e limitação. A EFSA considera doses únicas de até 200 mg sem preocupação para adultos saudáveis e a IN nº 28/2018 estabelece condições para alegações relacionadas à cafeína e exercícios de resistência. Entretanto, essas disposições não significam autorização automática de extratos de *cascara* como suplemento. A principal questão tecnológica futura é, portanto, determinar como espécie, fração do fruto e processamento podem fornecer concentração reprodutível de cafeína associada à segurança química e microbiológica.

No envelhecimento saudável, as evidências são emergentes. Ariki et al. (2026) observaram melhora em parâmetro de memória após 12 semanas de consumo de extrato padronizado de polpa de *C. canephora* em adultos com suspeita de comprometimento cognitivo leve. O estudo reforça o interesse por procianidinas e outras frações fenólicas, mas os resultados não podem ser extrapolados diretamente para *cascara* integral ou infusão. Além disso, ingredientes destinados a populações mais velhas podem exigir controle de cafeína, sugerindo que processos de fracionamento merecem investigação.

No metabolismo glicídico, Mai et al. (2024) demonstraram inibição de α-glicosidase por compostos de casca de *C. canephora* em abordagens *in vitro* e *in silico*. Abreu et al. (2024) avançaram para modelos de digestão e microbiota com casca orgânica de *C. arabica*, enquanto Rungraung et al. (2023) avaliaram concentrado de polpa em voluntários saudáveis. O conjunto sustenta investigação metabólica, porém ainda existe distância entre mecanismo, segurança e eficácia clínica em pessoas com diabetes. Além disso, suplementos alimentares não podem ser apresentados como produtos destinados ao tratamento ou cura de doenças.

Essa comparação evidencia uma questão central da literatura: resultados positivos em ensaios antioxidantes são frequentemente interpretados como “potencial funcional”, embora exista uma sequência de níveis de evidência:

composição da matéria-prima → atividade química → digestão/bioacessibilidade *in vitro* → modelo celular ou microbiota → funcionalidade tecnológica em alimento → segurança humana → eficácia clínica → alegação autorizada.

A partir dessa análise, propõe-se a matriz IPSER — Identidade, Processamento, Segurança, Evidência e Regulação como estrutura para futuras pesquisas. Antes da proposição de uma aplicação alimentícia da *cascara*, deve-se definir**:** I) espécie, tecido e origem do material; P) operações unitárias e seus efeitos sobre composição e estabilidade; S) cafeína, atividade de água, contaminantes, micotoxinas e microbiologia; E) nível de evidência associado ao efeito pretendido; e R) categoria regulatória, constituintes e alegações autorizadas.

Essa abordagem evidencia que diferentes aplicações provavelmente exigirão ingredientes distintos: matriz integral para formulações alimentícias, infusões ou pós solúveis para bebidas, frações com cafeína padronizada para estudos relacionados ao exercício, ingredientes com cafeína controlada e frações fenólicas para envelhecimento e sistemas específicos para investigação metabólica.

As principais lacunas identificadas incluem ausência de nomenclatura uniforme, poucas comparações diretas entre *C. arabica* e *C. canephora*, heterogeneidade das condições de secagem e extração, baixa padronização de cafeína, predominância de estudos *in vitro*, escassez de ensaios clínicos e limitada integração entre segurança, bioatividade, escalabilidade e regulamentação. Estudos futuros devem combinar processamento orientado à finalidade, avaliações de segurança, balanços de massa e energia, bioacessibilidade e estudos humanos adequadamente delineados.

Conclusão

As frações externas dos frutos de *C. arabica* e *C. canephora* apresentam potencial para valorização alimentícia, porém espécie, tecido e processamento determinam a identidade do ingrediente e impedem tratar genericamente toda “casca de café” como matéria-prima equivalente. Secagem, moagem, extração, concentração e microencapsulação possibilitam diferentes rotas tecnológicas, enquanto cafeína, contaminantes, microtoxinas, microbiologia e regulamentação permanecem inseparáveis da avaliação de segurança.

As aplicações relacionadas ao exercício possuem suporte mais consolidado para a cafeína; envelhecimento e cognição apresentam evidências humanas emergentes; e os efeitos sobre metabolismo glicídico permanecem predominantemente mecanísticos ou preliminares. Propõe-se a matriz IPSER como abordagem integradora para futuras pesquisas, vinculando identidade, processamento, segurança, nível de evidência e regulamentação na transformação da *cascara* em matéria-prima alimentícia de maior valor agregado.

Referências

ABREU, T. L. et al. Unveiling the bioactivity and bioaccessibility of phenolic compounds from organic coffee husks using an *in vitro* digestion model. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 104, n. 3, p. 1833-1842, 2024. DOI: 10.1002/jsfa.13078.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Instrução Normativa nº 28, de 26 de julho de 2018. Brasília, DF: Anvisa, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 716, de 1º de julho de 2022; Instrução Normativa nº 159, de 1º de julho de 2022 e atualizações. Brasília, DF: Anvisa, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 722, de 1º de julho de 2022; Instrução Normativa nº 160, de 1º de julho de 2022 e atualizações. Brasília, DF: Anvisa, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 724, de 1º de julho de 2022; Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022 e atualizações. Brasília, DF: Anvisa, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 839, de 14 de dezembro de 2023. Brasília, DF: Anvisa, 2023.

ARIKI, S. et al. Cognitive improvement by daily intake of coffee cherry pulp extract from *Coffea canephora* var. Robusta in a Japanese population: a randomized, placebo-controlled, double-blind trial. *Complementary Therapies in Medicine*, v. 100, 103395, 2026. DOI: 10.1016/j.ctim.2026.103395.

CANGUSSU, L. B. et al. Chemical characterization of coffee husks, a by-product of *Coffea arabica* production. *Foods*, v. 10, n. 12, 3125, 2021. DOI: 10.3390/foods10123125.

ECKHARDT, S. et al. Risk assessment of coffee cherry (*Cascara*) fruit products for flour replacement and other alternative food uses. *Molecules*, v. 27, n. 23, 8435, 2022. DOI: 10.3390/molecules27238435.

EUROPEAN UNION. Commission Implementing Regulation (EU) 2022/47. *Official Journal of the European Union*, 2022.

FAO. *Food safety in a circular economy*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024.

HEEGER, A. et al. Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage. *Food Chemistry*, v. 221, p. 969-975, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.11.067.

LÓPEZ-PARRA, M. B. et al. The impact of the drying process on the antioxidant and anti-inflammatory potential of dried ripe coffee cherry pulp soluble powder. *Foods*, v. 13, n. 7, 1114, 2024. DOI: 10.3390/foods13071114.

MAI, T. T. N. et al. *In vitro* and *in silico* studies of alpha glucosidase inhibition and antifungal activity of *Coffea canephora* husk. *RSC Advances*, v. 14, p. 27252-27264, 2024. DOI: 10.1039/D4RA04405C.

MARQUES, A. D. J. F. et al. Oxidative stability of chicken burgers using organic coffee husk extract. *Food Chemistry*, v. 393, 133451, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.133451.

RUNGRAUNG, N.; MUANGPRACHA, N.; TRACHOOTHAM, D. Twelve-week safety and potential lipid control efficacy of coffee cherry pulp juice concentrate in healthy volunteers. *Nutrients*, v. 15, 1602, 2023. DOI: 10.3390/nu15071602.

SILVA, G. S. et al. Microencapsulation of organic coffee husk polyphenols: effects on release, bioaccessibility, and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, v. 434, 137435, 2024. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.137435.

TSIGKOU, K. et al. Coffee processing waste: unlocking opportunities for sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 210, 115263, 2025. DOI: 10.1016/j.rser.2024.115263.